



21 Aktenzeichen: 199 61 528.4-52  
22 Anmeldetag: 20. 12. 1999  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13. 6. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

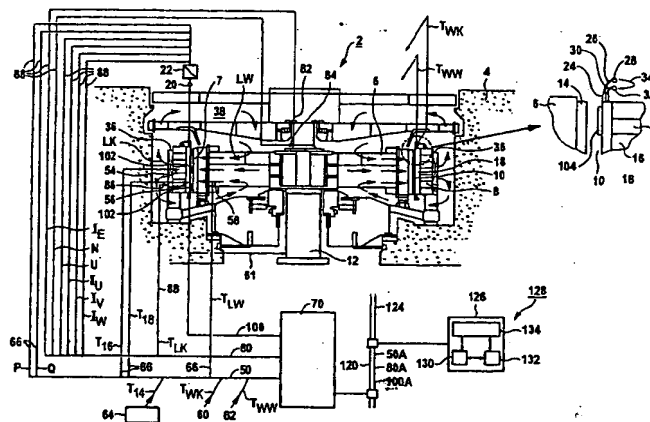
72 Erfinder:  
Scheil, Hermann, 91334 Hemhofen, DE; Briendl,  
Dieter, Dipl.-Ing., Baden, CH

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 43 13 455 A  
DE 36 34 421 A1

54 Verfahren zur Überwachung des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator eines elektrischen Generators und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

57 Ein Verfahren zur Überwachung des radialen Spalts (10) zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (8) eines elektrischen Generators (2) soll besonders zuverlässig eine Analyse der Form des radialen Spalts (10) während des Betriebs des Generators (2) gewährleisten. Hierzu wird bei einem stationären und ausgeglichenen Betriebszustand des Generators (2) in festen Zeitabständen ein Meßzyklus durchgeführt, wobei bei dem Meßzyklus aus aktuellen Randgrößen (50) des Generators (2), aus aktuellen Einflußgrößen (80) des Generators (2) und aus aktuellen Meßdaten (100) des radialen Spalts (10) aktuelle Kenngrößen (120) des radialen Spalts (10) ermittelt werden, und eine Bestimmung und Bewertung der Form des radialen Spalts (10) und des Abstands zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (8) erfolgt.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator eines elektrischen Generators. Sie betrifft weiter eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Der radiale Spalt zwischen dem Rotor und dem Stator eines Generators hat die Form eines konzentrischen, ringförmigen Kreiszylinders. Dabei wird der äußere Mantel durch das Blechpaket des Stators und der innere Mantel durch die Oberfläche der Pole auf dem Rotor gebildet, wobei der größte Rotordurchmesser, bestimmend ist.

Die Größe des radialen Spalts, die maßgebend für das Magnetfeld bzw. den Erregungsbedarf ist, ist üblicherweise bezogen auf den Durchmesser der Statorinnenwand sehr klein und beträgt bei Generatoren, die beispielsweise einen Rotordurchmesser von 16 m aufweisen, etwa 0,2% des Durchmessers der Statorinnenwand. Über den radialen Spalt findet eine magnetische Wechselwirkung zwischen dem Rotor und dem Stator statt. Die magnetischen Kräfte verstärken dabei vorhandene statische und/oder rotierende Asymmetrien, da ein lokal besonders kleiner radialer Spalt ein lokal vergleichsweise größeres Magnetfeld bedingt. Dieser Umstand bewirkt größere Kräfte, die in Abhängigkeit von der mechanischen Steifigkeit des Generators eine weitere asymmetrische Verformung verursachen können. Daher sollte durch geeignete Auslegung, Konstruktion und Herstellung des Generators eine möglichst ideale Form des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator angestrebt werden.

Die Form des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator ist im Stillstand des Rotors bedingt durch Toleranzen, die bei Fertigung und Montage entstehen. Dabei ist zu beachten, daß die Form der Statorinnenwand üblicherweise nicht die Form eines idealen Kreises aufweist, sondern hiervon zumindest geringfügig und über die Achse nicht gleichmäßig verteilt abweicht. Häufig sind hierbei zentrisch symmetrische Verformungen anzutreffen, wie beispielsweise Ovalität, Sechs- und Acht-Knoten Verformungen (Kleeblatt). Andere Symmetrien, hervorgerufen beispielsweise durch Abstützelemente, wie Sternarme und anderes, sind ebenfalls anzutreffen. Axial gesehen, kann auch der mittlere Luftspalt variieren, beispielsweise durch eine lokale Verengung der Statormitte. Verformungen dieser Art können bei Schrumpfprozessen und Setzvorgängen von senkrecht angeordneten Statoren entstehen. Asymmetrische Verformungen sind vorwiegend durch Verkrümmung bedingt, das bedeutet, daß die geometrischen Zentren axial betrachtet nicht auf einer Geraden liegen. Weiterhin ist üblicherweise auch die Form des Rotors nicht ideal, beispielsweise können am Rotor von sogenannten Vielpolmaschinen einzelne Pole, auch Paketweise, vor- oder zurückstehen.

Durch den Betrieb des Generators und Umgebungseinflüsse kann sich zusätzlich die Form des radialen Spalts verändern. Eine erhebliche Abweichung des radialen Spalts von der Idealform entsteht, wenn die Rotorachse und die Statorachse nicht parallel sind. Hierbei ist sowohl eine parallele Verschiebung als auch eine Schrägstellung der Rotorachse relativ zur Statorachse zu beachten. Eine derartige Abweichung kann entstehen, wenn sich nach längerer Betriebszeit des Generators die Aufstellung des Rotors relativ zum Stator verändert, Spiele bei den Abstützelementen vorhanden sind, Fundamenteinflüsse sich bemerkbar machen, Schrumpfungsvorgänge im Beton stattfinden, Boden- und/oder Felsverschiebungen erfolgen. Auch die Lagerspiele des Rotorlagers beeinflussen die Ausrichtung der Rotorachse relativ zur Statorachse.

Beim Betrieb des Generators kann außerdem die Dreh-

zahl des Rotors eine Vergrößerung des Rotordurchmessers durch Zentrifugalkräfte bewirken. Dabei ist vor allem bei den ersten Anläufen des Generators, also bei der Inbetriebsetzung und bei der Überdrehzahlprüfung, eine nicht-elastische Verformung des Rotors und eine damit verbundene dauerhafte Veränderung des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator des Generators zu beachten. Auch die üblicherweise konstanten magnetischen Kräfte beim Betrieb des Generators bewirken eine Verkleinerung des radialen Spalts im Vergleich zur Form des radialen Spalts beim Stillstand des Rotors.

Die Rotortemperatur ist vom Erregerstrom, den mechanischen Verlusten durch Reibung und der Kühlung des Rotors abhängig. Hinzu kommt, daß die Rotortemperatur von der Statortemperatur abhängt, da Rotor und Stator über einen Kühlkreis üblicherweise gekoppelt sind. Bei transienten Betriebszuständen, beispielsweise Lastveränderungen, treten daher thermische Zeitkonstanten von beispielsweise 3 bis 10 Stunden auf. In Bezug auf die Rotortemperatur und Statortemperatur ist daher zu beachten, daß durch diese Temperaturen asymmetrische Verformungen des Rotors verursacht werden können. Dies kann beispielsweise durch eine stark asymmetrische Kühlung verursacht werden.

Bei großen Generatoren, beispielsweise Wasserkraft-Generatoren mit Rotordurchmessern von mehr als 5 m, besteht die Gefahr, daß sich der Rotor nicht konzentrisch in der Mitte des Stators bewegt. Dabei können sich sowohl die Form des Rotors und des Stators sowie deren relative Lage zueinander verändern. Die Folge sind große, auf den Umfang des Rotors ungleichmäßig verteilte Kräfte und teilweise Schwingungen. Im Extremfall kann dies zu einem Anstreifen des Rotors an den Stator beim Betrieb des Generators führen, womit schwere Schäden und lange Ausfallzeiten des Generators verbunden sind.

Konventionelle Überwachungsmethoden des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator eines Generators geben keine Auskunft über die aktuelle Form des radialen Spalts während des Betriebs des Generators. Üblicherweise werden Schwingungsüberwachungen des Blechpakets des Stators eingesetzt, die jedoch Veränderungen der Form des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator nur teilweise erfassen können.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Überwachung des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator eines elektrischen Generators anzugeben, bei dem während des Betrieb des Generators eine Analyse der Form des radialen Spalts und eine Überwachung des Abstands zwischen dem Stator und dem Rotor zuverlässig gewährleistet ist. Dies soll bei einer zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung mit besonders geringem technischem Aufwand erreicht werden.

In Bezug auf das Verfahren wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem bei dem bei einem stationären und ausgeglichenen Betriebszustand des Generators in festen Zeitabständen ein Meßzyklus durchgeführt wird, wobei bei dem Meßzyklus

- aktuelle Einflußgrößen des Generators erfaßt werden,
- aktuelle Meßdaten des radialen Spalts und aktuelle Randgrößen des Generators erfaßt werden,
- aus den aktuellen Randgrößen des Generators, aus den aktuellen Einflußgrößen des Generators und aus den aktuellen Meßdaten des radialen Spalts aktuelle Kenngrößen des radialen Spalts ermittelt werden, und
- mittels eines Vergleichs der aktuellen Kenngrößen des radialen Spalts mit Referenzwerten aus einer Anzahl von Basismessungen eine Bestimmung und Be-

wertung der Form des radialen Spalts und des Abstands zwischen dem Rotor und dem Stator erfolgt.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, daß für eine besonders zuverlässige Analyse der Form des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator und eine Überwachung des Abstands zwischen dem Rotor und dem Stator während des Betriebs des Generators die Form des radialen Spalts erfaßt werden sollte. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß sich beispielsweise bei Leistungsänderungen des Generators oder stationären, jedoch nicht ausgeglichenen Bedingungen des Generators die Form des radialen Luftspalts eine andere sein kann, als dies beim stationären und ausgeglichenen Betriebszustand des Generators der Fall ist. Daher sollte eine Analyse der Form des radialen Spalts und eine Überwachung des Abstands zwischen dem Stator und dem Rotor nur dann erfolgen, wenn der Generator sich in einem stationären und ausgeglichenen Betriebszustand befindet. Hierzu erweist sich jedoch eine Messung der aktuellen Form des radialen Spalts als nicht ausreichend. Daher sollte bei einer Messung der Form des radialen Spalts gleichzeitig der Betriebszustand des Generators erfaßt werden.

Weiterhin sollten Veränderungen des Generators, die sich negativ auf die Form des radialen Spalts auswirken können, frühzeitig erkennbar sein, damit sie behoben werden können. Veränderungen des Generators sind mittels der Einflußgrößen und der Randgrößen erfaßbar. Daher sollte der Einfluß der Randgrößen und Einflußgrößen des Generators auf die Form des radialen Spalts erfaßt und bewertet werden, um hieraus frühzeitige Informationen über eine Veränderung der Form des radialen Spalts zu erhalten die es ermöglichen, die Ursachen zu finden. Hierzu werden aus aktuellen Randgrößen und Einflußgrößen des Generators sowie aus aktuellen Meßdaten des radialen Spalts aktuelle Kenngrößen des radialen Spalts ermittelt.

Die Überwachung des radialen Spalts sollte quasi-kontinuierlich erfolgen, damit zu jedem Zeitpunkt des Betriebs des Generators eine Aussage über die Form des radialen Spalts und den Abstand zwischen dem Rotor und dem Stator möglich ist.

Hierfür erweist sich ein Meßzyklus als geeignet, mit dessen Hilfe in regelmäßigen Zeitabständen alle variablen Einflußgrößen zyklisch abgefragt und dahingehend überprüft werden, ob sich der Generator in einem Zustand der thermischen Beharrung, also in einem stationären und ausgeglichenen Zustand befindet. Liegt ein Zustand der thermischen Beharrung des Generators vor, so sollte eine Analyse der Form des radialen Spalts sowie eine Überwachung des Abstands zwischen dem Rotor und dem Stator erfolgen. Hierzu werden nach einer Überprüfung der Einflußgrößen aktuelle Meßdaten des radialen Spalts eingelesen und mittels eines Vergleichs der aktuellen Kenngrößen des radialen Spalts mit Referenzwerten aus einer Anzahl von Basismessungen bewertet.

Mit Hilfe der aktuellen Kenngrößen des radialen Spalts sollte eine Analyse der Form des radialen Spalts erfolgen, die frühzeitig eine insbesondere den Betrieb des Generators gefährdende Verformung des radialen Spalts zwischen dem Stator und dem Rotor erkennen läßt. Dabei sollte besonders zuverlässig eine Abweichung der Form des radialen Spalts von der Idealform erkannt werden. Hierzu wird mittels eines Vergleichs der aktuellen Kenngrößen des radialen Spalts mit Referenzwerten des Generators vorteilhafterweise die Verschiebung des Stators relativ zur Achse des Rotors und die Verformung des Stators und des Rotors bestimmt und bewertet.

Vorteilhafterweise sind die Randgrößen Temperaturwerte an verschiedenen Orten des Stators, der Temperaturwert an

der Wicklung des Rotors, die Wirkleistung des Generators und die Blindleistung des Generators. Dabei sind die Temperaturwerte des Stators vorteilhafterweise der Temperaturwert am Blechpaket, der Temperaturwert an der Wicklung des Stators, der Temperaturwert der vom Stator abströmenden und im Stator erwärmten Kühlluft, der Temperaturwert des kalten Kühlwassers vor dessen Eintritt in die Wicklung des Stators und der Temperaturwert des im Stator erwärmten Kühlwassers nach dessen Austritt aus der Wicklung des Stators. Diese Randgrößen sind besonders einfach beim Betrieb des Generators zu messen und charakterisieren besonders zuverlässig den Betriebszustand des Rotors und des Stators.

Vorteilhafterweise sind die Einflußgrößen der Strom und die Spannung des Stators, der Erregerstrom und die Drehzahl des Rotors und der Temperaturwert der dem Stator zuströmenden kalten Kühlluft. Die Spannung des Stators und die Drehzahl des Rotors sind üblicherweise im stationären Betriebszustand des Generators konstant. Beim Strom des Stators kann es sich hierbei um drei separate Teilströme handeln, wenn der Stator mit Drehstrom betrieben wird. In diesem Fall umfaßt dann auch die Wicklung des Stators drei Teilwicklungen, die separat mit den Teilströmen gespeist werden. Der Strom des Stators, der Erregerstrom des Rotors und die Temperatur der dem Stator zuströmenden kalten Kühlluft beeinflussen nachhaltig die Form des Rotors und dessen Lage relativ zum Stator und sind deshalb als Einflußgrößen besonders geeignet.

Die aktuellen Meßdaten des radialen Spalts werden vorteilhafterweise in einer Meßebeine bestimmt, die senkrecht zur Rotationsachse des Rotors steht. Hierdurch fällt die Anzahl der für eine besonders zuverlässige Erfassung der Form des radialen Spalts zwischen dem Stator und dem Rotor erforderlichen Sensoren besonders gering aus. Die erforderliche Anzahl der Sensoren ist dabei die, die ausreicht, um alle für den Generator gefährlichen Statorverformungen sicher zu erfassen. Beispielsweise kann eine Ovalität des Stators sicher mit sechs Meßorten erfaßt werden. Ausreichend sind hierbei jedoch häufig vier Meßorte, da die Wahrscheinlichkeit, daß alle Meßorte in einem Verformungsknoten liegen, sehr gering ist. Üblicherweise verwendet man bei einem Durchmesser des Blechpakets von weniger als 8 m vier Meßorte und bei einem Bohrungsdurchmesser von mehr als 8 m acht Aufnehmer. Bei einer besonders geringen Statorhöhe in Relation zum Durchmesser des Stators erweist sich eine Meßebeine als ausreichend. Diese wird üblicherweise bei vertikaler Generatorachse am oberen Statorende angebracht, da dort die größten Verformungen des radialen Spalts zu erwarten sind. Es kann sich aber auch als sinnvoll erweisen, die Meßebeine in der Mitte des Stators zu platzieren, da dort aufgrund von Setzvorgängen, bedingt durch Magnetkräfte beim Betrieb des Generators, dort ein sich beim Betrieb des Generators verkleinernder radialer Spalt zu erwarten ist. Bei Generatoren mit einer im Vergleich dazu besonders großen Höhe des Stators können darüber hinaus Veränderungen in axialer Richtung, beispielsweise eine Schrägstellung der Rotorachse relativ zur Statorachse, durch eine weitere Meßebeine erfaßt werden.

Vorteilhafterweise wird jeder Meßzyklus dokumentiert. Hierdurch sind Trendanalysen insbesondere von Meßdaten des radialen Spalts, Einflußgrößen und Randgrößen möglich, wodurch Veränderungen des Generators im Laufe der Zeit erkannt werden können. Mittels dieser Dokumentationen können Ursachen für Veränderungen des Generators frühzeitig erkannt und behoben werden.

Bezüglich der Vorrichtung zur Überwachung des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator eines elektrischen Generators wird die genannte Aufgabe erfindungsgemäß gelöst, indem die Anordnung einer Anzahl von Senso-

ren zur Erfassung von aktuellen Randgrößen des Generators, aktuellen Einflußgrößen des Generators und aktuellen Meßdaten des radialen Spalts am Generator vorgesehen ist, wobei die Sensoren datentechnisch mit einem zur Erstellung von aktuellen Kenngrößen aus den aktuellen Randgrößen des Generators, den aktuellen Einflußgrößen des Generators und den aktuellen Meßdaten des radialen Spalts vorgesehenen Aufbereitungsmodul verbunden sind, wobei das Aufbereitungsmodul datentechnisch an ein Analysemodul angeschlossen ist, wobei über das Analysemodul ein Meßzyklus zur Analyse der Form des radialen Spalts und zur Überwachung des Abstands zwischen dem Rotor und dem Stator steuerbar ist. Durch diese Vorrichtung eine Analyse der Form des radialen Spalts sowie eine Überwachung des Abstands zwischen dem Rotor und dem Stator mit einer besonders geringen Anzahl an Komponenten möglich.

Vorteilhafterweise ist zur Dokumentation der aktuell erfaßten Daten des Generators ein datentechnisch mit dem Analysemodul verbundenes Speichermodul vorgesehen. Die gespeicherten Werte ermöglichen Tendenzberechnungen und liefern Informationen für Diagnosen. Dabei können Protokollausdrucke von den aktuellen Werten automatisch erzeugt werden. Auch kann eine Darstellung mittels frei konfigurierbarer Graphiken aller gespeicherten Referenzwerte sowie der erfaßten Daten vorgesehen sein.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß durch die aktuelle Erfassung der Einflußgrößen, Randgrößen und Meßdaten im Rahmen eines immer wiederkehrenden Meßzyklus die Analyse der Form des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator des Generators und die Überwachung des Abstands zwischen dem Rotor und dem Stator besonders zuverlässig gewährleistet ist. Hiermit sind Veränderungen der Form des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator des Generators frühzeitig erkennbar, wodurch den Betrieb des Generators schädigende Einflüsse frühzeitig erkannt und behoben werden können.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens zur Überwachung des radialen Spalts zwischen dem Rotor und dem Stator eines elektrischen Generators,

Fig. 2 schematisch einen Querschnitt durch den Rotor und den Stator gemäß Fig. 1 und

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Der im Längsschnitt in Fig. 1 schematisch dargestellte Generator 2 ist als Wasserkraftgenerator ausgebildet und umfaßt in einem Gehäuse 4 einen Rotor 6, der konzentrisch von einem Stator 8 umgeben ist. Der Rotor 6 und der Stator 8 sind durch einen radialen Spalt 10 voneinander getrennt. Der Rotor 6 umfaßt eine Welle 12, eine für den Erregerstrom  $I_E$  des Rotors 6 vorgesehene Wicklung 14 und zahlreiche, in der Zeichnung nicht näher dargestellte Pole. Der Stator 8 weist ein Blechpaket 16 und eine Wicklung 18 auf. Die Wicklung 18 des Stators 8 ist über Anschlußklemmen 20 an Trennverstärker 22 angeschlossen, die an Meßkreise angeschlossen sind, wobei die Meßkreise in der Zeichnung nicht dargestellt sind.

Die Wicklung 18 des Stators 8 umfaßt drei separate Wicklungen U, V und W, die in der Zeichnung nicht dargestellt sind. Jede der drei separaten Wicklungen U, V und W umfaßt wiederum elektrisch hintereinander geschaltete Wicklungsstäbe 24, von denen nur einige in der Zeichnung herausgezeichnet sind. Jeder Wicklungsstab 24 bzw. eine Anzahl von in der Zeichnung nicht dargestellten Teileitern eines jeden Wicklungsstabs 24 wird beim Betrieb des Genera-

tors 2 von Kühlwasser W durchströmt. Zur Zuführung von kaltem Kühlwasser W sind die Wicklungsstäbe 24 der Wicklung 18 eingangsseitig über isolierende Kunststoffschläuche 26 mit einer ersten Ringleitung 28 verbunden. Zur Abführung des beim Betrieb des Generators 2 in den Wicklungsstäben 24 der Wicklung 18 erwärmten Kühlwassers W ist die Wicklung 18 des Stators 8 ausgangsseitig über Kunststoffschläuche 30 an eine zweite Ringleitung 32 angeschlossen. Die zweite Ringleitung 32 ist zur Abkühlung des in der Wicklung 18 erwärmten Kühlwassers W in nicht näher dargestellter Weise an ein Kühlsystem angeschlossen, das ausgangsseitig zum Zuführen von kaltem Kühlwasser W an die erste Ringleitung 28 angeschlossen ist, so daß ein geschlossener Kühlwasserkreislauf 34 entsteht, der in der Zeichnung durch Pfeile angedeutet ist.

Sowohl der Stator 8 als auch der Rotor 6 sind während des Betriebs des Generators 2 mittels Kühlluft L kühlbar. Hierzu ist am Stator 8 ein Kühlluftkühler 36 angeordnet. Die aus dem Kühlluftkühler 36 beim Betrieb des Generators 2 austretende kalte Kühlluft L wird dem Rotor 6 zugeführt, was in der Zeichnung nicht dargestellt ist. Im Rotor 6 wird die Kühlluft L erwärmt und strömt bedingt durch die Drehbewegung des Rotors 6 dem Stator 8 zu, wo sie wieder in den Kühlluftkühler 36 gelangt, so daß ein geschlossener Kühlluftkreislauf 38 entsteht.

Die zu erfassenden Randgrößen 50 des Generators 2 sind der Temperaturwert  $T_{16}$  am Blechpaket 16 des Stators 8, der Temperaturwert  $T_{18}$  an der Wicklung 18 des Stators 8, der Temperaturwert  $T_{LW}$  der vom Stator 8 abströmenden erwärmten Kühlluft L des Stators 8, der Temperaturwert  $T_{WK}$  des kalten Kühlwassers W vor dessen Eintritt in die Wicklung 18 des Stators 8 und der Temperaturwert  $T_{WW}$  des warmen Kühlwassers W nach dessen Austritt aus der Wicklung 18 des Stators 8. Weitere Randgrößen 50 des Generators 2 sind der Temperaturwert  $T_{14}$  der Wicklung 14 des Rotors 6, sowie die Wirkleistung P und die Blindleistung Q des Generators 2.

Zur Erfassung der Randgrößen 50 sind an dem Generator 2 eine Anzahl von Sensoren 52 angeordnet. Hierbei ist eine erste Gruppe 54 von Sensoren 52 am Blechpaket 16 des Stators 8 zur Erfassung des Temperaturwerts  $T_{16}$  am Blechpaket 16 des Stators 8 angeordnet. Eine zweite Gruppe 56 von Sensoren 52 ist an der Wicklung 18 des Stators 8 zur Erfassung des Temperaturwerts  $T_{18}$  der Wicklung 18 des Stators 8 angeordnet. Eine dritte Gruppe 58 von Sensoren 52 ist im Stator 8 zur Erfassung des Temperaturwerts  $T_{LW}$  der vom Stator 8 abströmenden warmen Kühlluft L angeordnet. Eine vierte Gruppe 60 von Sensoren 52 ist im Kühlwasserkreislauf 34 eingangsseitig vor der ersten Ringleitung 28 zur Erfassung des Temperaturwerts  $T_{WK}$  des kalten Kühlwassers W vor dessen Eintritt in die Wicklung 18 des Stators 8 vorgesehen. Zur Erfassung des Temperaturwerts  $T_{WW}$  des warmen Kühlwassers W nach dessen Austritt aus der Wicklung 18 des Stators 8 ist ausgangsseitig nach der zweiten Ringleitung 32 im Kühlwasserkreislauf 34 eine fünfte Gruppe 62 von Sensoren 52 vorgesehen. Für die rechnerische Ermittlung des Temperaturwerts  $T_{14}$  der Wicklung 14 des Rotors 6 ist ein Modul 64 vorgesehen, das aus dem elektrischen Widerstand der Wicklung 14 des Rotors 6 und aus dem Verlust des die Wicklung 14 des Rotors 6 durchfließenden Stroms den Temperaturwert  $T_{14}$  der Wicklung 14 des Rotors 6 ermittelt. Die ebenfalls als Randgrößen 50 vorgesehene Wirkleistung P und Blindleistung Q des Generators 2 werden über den Trennverstärker 22 aus bestehenden und mit den Anschlußklemmen 20 der Wicklung 14 verbundenen und in der Zeichnung nicht dargestellten Meßkreisen ausgeblendet. Die Sensoren 52 der Randgrößen 50 sind über datentechnische Verbindungen 66 dem Aufbereitungsmodul 70 zufüh-

bar.

Einflußgrößen 80 des Generators 2 sind der Strom I und die Spannung U des Stators 8, der Erregerstrom  $I_E$  und die Drehzahl N des Rotors 6 und der Temperaturwert  $T_{LK}$  der dem Stator 8 zuströmenden kalten Kühlluft L. Der Strom I des Stators 8 umfaßt die drei Teilströme  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  der Wicklungen U, V und W des Stators 8. Die Teilströme  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  werden mit den an die Trennverstärker 22 angeschlossenen und in der Zeichnung nicht dargestellten Meßkreisen gemessen. Auch die Spannung U des Stators 8 ist über die Trennverstärker 22 aus bestehenden und in der Zeichnung nicht näher dargestellten Meßkreisen ausblendbar. Der Erregerstrom  $I_E$  des Rotors 6 und die Drehzahl N des Rotors 6 sind über eine siebte Gruppe 82 bzw. achte Gruppe 84 von Sensoren 52 erfaßbar, die am Rotor 6 in geeigneter Weise angeordnet sind. Der Temperaturwert  $T_{LK}$  der dem Stator 8 zuströmenden kalten Kühlluft L ist über eine neunte Gruppe 86 von Sensoren 52 erfaßbar, die im Einstrombereich der kalten Kühlluft L des Stators 8 angeordnet sind. Die Einflußgrößen 80, also die Teilströme  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  des Stroms I und die Spannung U des Stators 8, der Erregerstrom  $I_E$  und die Drehzahl N des Rotors 6 und der Temperaturwert  $T_{LK}$  der dem Stator 8 zuströmenden kalten Kühlluft L sind über datentechnische Verbindungen 88 ebenfalls dem Aufbereitungsmodul 70 zuführbar.

Zur Erfassung der aktuellen Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 sind drei Meßebenen 102 vorgesehen, die jeweils senkrecht zur Drehachse bzw. zur Welle 12 des Rotors 6 stehen. Es kann aber auch in Abhängigkeit von der Auslegung der Anlage erforderlich sein, mehr oder weniger als drei Meßebenen vorzusehen. Dabei sollten auch die weiteren Meßebenen parallel zur Welle 12 des Rotors 6 angeordnet sein. Die aktuellen Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 werden mittels einer zehnten Gruppe 104 von Sensoren 52 erfaßt, von denen sechs in der in Fig. 2 dargestellten und jeweils zwei in den weiteren, nicht dargestellten Meßebenen 102 angeordnet sind. Die Anordnung der sechs Sensoren 52 der zehnten Gruppe 104 der in der mittleren Ebene des Stators angeordneten Meßebene 102 ergibt sich gemäß Fig. 2, die im Querschnitt den in Fig. 1 mit X bezeichneten Ausschnitt zeigt. Die Sensoren 52 der anderen Meßebenen 102 sind in vergleichbarer Weise angeordnet, wobei die Anzahl der Sensoren jedoch nur zwei beträgt.

Gemäß Fig. 2 sind zur Erfassung von Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 sechs Sensoren 52 der zehnten Gruppe 104 am inneren Mantel des Blechpakets 16 in einer Ebene angeordnet, die parallel zur Welle 12 des Rotors 8 steht. Die Sensoren 52 sind jeweils an einen Meßwandler oder Conditioner 106 angeschlossen, die am äußeren Mantel des Blechpakets 16 angeordnet sind. Außerdem ist an der Welle 12 des Rotors 6 ein Keyphasor oder eine Phasenmarke 108 angeordnet. Mißt nun beim Betrieb des Generators 2 einer der sechs Sensoren 52 einen bestimmten Abstand zwischen einem Pol des Rotors 6 und dem Stator 8, so ist mittels des über die Phasenmarke 108 erfaßten Signals in elektronischer Weise der Pol identifizierbar, an dem die Messung erfolgt ist. Die Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 des Generators 2 sind über eine datentechnische Verbindung 110 ebenfalls dem Aufbereitungsmodul 70 zuführbar, was in Fig. 1 dargestellt ist.

Das Aufbereitungsmodul 70 ist für eine Berechnung von aktuellen Kenngrößen 120 aus den aktuellen Randgrößen 50, den aktuellen Einflußgrößen 80 und den aktuellen Meßdaten 100 vorgesehen. Hierzu weist das Aufbereitungsmodul 70 ein Rechnermodul 122 auf, dem die Randgrößen 50, die Einflußgrößen 80 und die Meßdaten 100 zuführbar sind. Im Aufbereitungsmodul 70 erfolgt außerdem eine Analog-/Digitalwandlung der erfaßten Daten sowie eine Grenzwert-

überwachung oder Plausibilitätskontrolle. Auch dient das Aufbereitungsmodul 70 zum Aufbau von Datentelegrammen sowie zur Signalbildung für Warnungen und Störungen.

Das Aufbereitungsmodul 70 ist über einen Datenbus 124 mit einem Analysemodul 126 verbunden. Das Aufbereitungsmodul 70 und das Analysemodul 126 gehören zur Vorrichtung 128, mit deren Hilfe der radiale Spalt 10 zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 des elektrischen Generators 2 beim Betrieb des Generators 2 überwacht wird.

Das Analysemodul 126 umfaßt ein Speichermodul 130, ein Fingerprintmodul 132 und ein Überwachungsmodul 134. Das Speichermodul 130 umfaßt einen Langzeitspeicher, einen Monatsspeicher und einen Ereignisspeicher zur Speicherung von erfaßten Daten, ermittelten Kenngrößen 120 und durchgeführten Meßzyklen sowie deren Ergebnisse. Über das Fingerprintmodul 132 erfolgt die Steuerung von Basismessungen, mittels derer Referenzwerte des Generators 2 bei bestimmten Betriebszuständen ermittelt werden. Das Überwachungsmodul 134 ist zur Steuerung von am Generator 2 durchführbaren Meßzyklen und deren Auswertung vorgesehen. Für diese Funktionen kommuniziert das Überwachungsmodul 134 mit dem Speichermodul 130, dem Fingerprintmodul 132 und über den Datenbus 124 mit dem Aufbereitungsmodul 70. Außerdem sind mittels des Analysemoduls 126 Protokolle und Graphiken der gemessenen Daten erstellbar.

Weiterhin kann das Analysemodul 126 einem Bediener der Anlage einen Rechnerausfall und/oder eine Grenzwertüberschreitung einer oder mehrerer Kenngrößen 120 signalisieren.

Während des Betriebs des Generators 2 wird die Form des radialen Spalts 10 und der Abstand zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 analysiert, wobei insbesondere der minimalste Abstand zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 betrachtet wird. Hierzu wird in regelmäßigen Zeitabständen ein Meßzyklus durchgeführt, bei dem die Meßgrößen 100 des radialen Spalts 10 aktuell erfaßt und analysiert werden. Der jeweilige Meßzyklus dauert eine vorgegebene Zeit T und wird nach Ablauf der Zeit T sofort wiederholt, so daß sich ohne Unterbrechung ein Meßzyklus an den anderen reiht.

Der jeweilige Meßzyklus wird vom Überwachungsmodul 134 gesteuert und dauert in diesem Ausführungsbeispiel 30 Minuten. Zum Zeitpunkt  $t = T_0$  werden die Einflußgrößen 80 eingelesen. Die Einflußgrößen 80 sind die drei Teilströme  $I_U$ ,  $I_V$  und  $I_W$  der Wicklungen U, V und W des Stators 8, die Spannung U des Stators 8, der Erregerstrom  $I_E$  und die Drehzahl N des Rotors 6 sowie der Temperaturwert  $T_{LK}$  der dem Stator 8 zuströmenden kalten Kühlluft L. Die Einflußgrößen 80 gelangen über die datentechnischen Verbindungen 88 in das Aufbereitungsmodul 70. In dem Aufbereitungsmodul 70 erfolgt eine Aufbereitung der eingelesenen Einflußgrößen 80 in der Weise, daß sie dem Analysemodul 126 über den Datenbus 124 zugeführt werden können. Nach erfolgter Aufbereitung werden die aufbereiteten Einflußgrößen 80 A dem Analysemodul 126 zugeführt. Im Analysemodul 126 erfolgt dann mit den im Analysemodul 126 angeordneten Modulen eine Prüfung des Betriebszustands des Generators 2 mittels der aufbereiteten Einflußgrößen 80 A.

Bei der Prüfung des Betriebszustands des Generators 2 wird überprüft, ob sich der Generator 2 in einem ersten Zustand der thermischen Beharrung, in einem zweiten stationären aber nicht ausgeglichenen Zustand oder in einem dritten Zustand befindet. Ein stationärer ausgeglichener Betriebszustand des Generators 2 liegt dann vor, wenn sich die Einflußgrößen 80 während einer parametrierbaren Zeit, in diesem Ausführungsbeispiel standardmäßig 10 Minuten,

ausreichend konstant sind. Ein dritter Zustand des Generators 2 ist ein möglicher Zustand des Generators 2, der ungleich dem ersten oder zweiten Zustand des Generators ist. Hierbei kann es sich insbesondere um eine sogenannte Lastrampe oder Laständerung des Generators 2 handeln, die noch nicht abgeschlossen ist. Ergibt die Prüfung, daß ein dritter Zustand des Generators 2 vorliegt, so wird der Meßzyklus abgebrochen, und nach 30 Minuten automatisch neu gestartet. Nur wenn der Generator sich in einem ersten Zustand der thermischen Beharrung oder in einem zweiten stationären aber nicht ausgeglichenen Zustand befindet wird der Meßzyklus zu einem Zeitpunkt  $t = T_1$  fortgesetzt.

Für einen jeden Meßzyklus steuert das Überwachungsmodul 134 zu einem Zeitpunkt  $t = T_1$  das Einlesen der Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 und der Randgrößen 50. Die Meßdaten 100 sind hierbei die Signale der sechs Sensoren 52 der zehnten Gruppe 104, die in der mittleren Meßebe 102 angeordnet sind und das Signal der Phasenmarke 108. Die Signale der Sensoren 52 der zehnten Gruppe 104 der oberen und der unteren Meßebe 102 dienen nur Kontrollzwecken. Auch die Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 werden im Aufbereitungsmodul 70 so aufbereitet, daß das Analysemodul 126 sie einlesen kann. Die aufbereiteten Meßdaten 100 A werden dann dem Analysemodul 126 zugeführt. Ebenso werden die Randgrößen 50 eingelesen, dem Aufbereitungsmodul 70 zur Aufbereitung zugeführt und dann als aufbereitete Randgrößen 50 A in das Analysemodul 126 eingespeist. Randgrößen 50 sind der Temperaturwert  $T_{16}$  am Blechpaket 16 des Stators 8, der Temperaturwert  $T_{18}$  an der Wicklung 18 des Stators 8, der Temperaturwert  $T_{LW}$  der vom Stator 8 abströmenden erwärmten Kühlluft L des Stators 8, der Temperaturwert  $T_{WK}$  des kalten Kühlwassers W vor dessen Eintritt in die Wicklung 18 des Stators 8 und der Temperaturwert  $T_{WW}$  des warmen Kühlwassers W nach dessen Austritt aus der Wicklung 18 des Stators 8. Weitere Randgrößen 50 des Generators 2 sind der Temperaturwert  $T_{14}$  der Wicklung 14 des Rotors 6, sowie die Wirkleistung P und die Blindleistung Q des Generators 2.

Im Analysemodul 126 findet mittels der aufbereiteten Meßdaten 100 A, der aufbereiteten Randgrößen 50 A und der aufbereiteten Einflußgrößen 80 A im Überwachungsmodul 134 eine Prüfung statt, ob sich der Generator 2 weiterhin in einem ersten Zustand der thermischen Beharrung oder in einem zweiten stationären aber nicht ausgeglichenen Zustand befindet. Hierzu wird unter anderem überprüft, ob die aufbereiteten Meßdaten 100 A in einem vorgegebenen Toleranzband liegen.

Liegt nach der Erfassung und Aufbereitung der Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 ein erster Zustand der thermischen Beharrung oder ein zweiter stationärer aber nicht ausgeglichener Zustand des Generators 2 vor, so wird der Meßzyklus zu einem Zeitpunkt  $t = T_2$  fortgesetzt. Befindet sich der Generator 2 nach dieser Prüfung in einem Zustand der thermischen Beharrung, so erfolgt eine Bewertung der erfaßten Daten, befindet sich der Generator 2 in einem stationären aber nicht ausgeglichenen Zustand, so erfolgt eine Ersatzbewertung, befindet sich der Generator 2 in einem dritten möglichen Zustand, so wird der Meßzyklus abgebrochen. Der Meßzyklus wird also zum Zeitpunkt  $t = T_1$  oder  $t = T_2$  abgebrochen, wenn sich der Generator 2 in einem dritten möglichen Zustand befindet.

Für die Bewertung oder die Ersatzbewertung der erfaßten Daten werden im Aufbereitungsmodul 70 aus den Randgrößen 50, den Einflußgrößen 80 und den Meßdaten 100 Kenngrößen 120 ermittelt. Die in dem jeweiligen Meßzyklus aktuell bestimmten Kenngrößen 120 werden für die Bewertung oder Ersatzbewertung mit Referenzwerten im Analyse-

modul 126 verglichen.

Die Referenzwerte werden bei der sogenannten Fingerprinftraufnahme des Generators 2 ermittelt und werden nur dann aktualisiert, wenn durch Reparaturmaßnahmen Änderungen am Generator 2, also beispielsweise am Rotor 6, am Stator 8 oder am Kühlwasserkreislauf 34 erfolgt sind. Die Bestimmung und Speicherung der Referenzwerte erfolgt mittels des Fingerprintmoduls 132. Zur Bestimmung der Referenzwerte werden bei wohldefinierten Betriebszuständen des Generators 2 Meßfahrten durchgeführt. Wohldefinierte Betriebszustände des Generators 2 sind dabei beispielsweise Zustände der minimalen und maximalen Wirkleistung P des Generators 2 sowie zwei weiteren Leistungsstufen, die in gleichmäßigen Abständen zwischen der minimalen und der maximalen Wirkleistung P des Generators 2 liegen. Für einen kleinen Leistungsbereich können dabei auch drei Meßfahrten ausreichend sein. Für jede Meßfahrt müssen dabei vor dem Start die Einflußgrößen 80 innerhalb eines projektierbaren Toleranzbandes konstant sein. Zusätzlich müssen die Randgrößen, sofern sie nicht automatisch erfaßt werden, manuell dokumentiert werden. Dabei wird die Reihenfolge der Meßpunkte anlagenspezifisch festgelegt, beispielsweise werden Anforderungen des Lastverteilers und/oder das Anfahrprogramm der Anlage berücksichtigt.

Die Bewertung oder Ersatzbewertung der Form des radialen Spalts 10 sowie des Abstands zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 erfolgt mittels eines Vergleichs der aktuellen Kenngrößen 120 mit den Referenzwerten. Mit dem Ergebnis des Vergleichs erfolgt eine Berechnung der Form des radialen Spalts 10 sowie des Abstands zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8. Hier werden die mittlere Größe G des radialen Spalts 10, die Verschiebung V des Stators 8 relativ zur Welle 12 des Rotors 6 und die Verformung O des Stators 8 ermittelt. Weiterhin wird bei der Bewertung oder Ersatzbewertung die Form des radialen Spalts 10 anhand der mittleren Größe des radialen Spalts 10, der Verschiebung V des Stators 8 relativ zur Welle 12 des Rotors 6 und die Verformung O des Stators 8 im Hinblick darauf analysiert, ob Veränderungen dieser Größen im Laufe der Zeit sich negativ auf den Betrieb des Generators auswirken können. Insbesondere wird der kleinste Abstand zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 überprüft. Bei einem zu geringen Abstand zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 besteht die Gefahr, daß der Rotor 6 den Stator 8 während des Betriebs des Generators 2 streift, was große Schäden am Generator 2 hervorrufen kann.

Liegen die Kenngrößen 120 innerhalb eines vorgegebenen Wertebereiches, so wird der Betrieb des Generators 2 unverändert fortgesetzt. Weicht hingegen mindestens eine der aktuell bestimmten Kenngrößen 120 von einem vorgegebenen Wertebereich ab, so wird das Ergebnis der Bewertung oder Ersatzbewertung über ein Signal dem Bediener des Generators 2 signalisiert, damit der Bediener auf die jeweilige Veränderung des Zustands des Generators 2 reagieren kann. Die Grenzwertüberschreitung bei einer Ersatzbewertung besitzt dabei einen geringeren Stellenwert als diejenige bei einer Bewertung, als einem ersten Zustand der thermischen Beharrung des Generators 2. Mittels der Ersatzbewertung sollen lediglich eventuelle Veränderungen des Zustands des Generators 2 frühzeitig erkannt werden.

Die aktuell erfaßten Randgrößen 50, die aktuell erfaßten Einflußgrößen 80, die aktuell erfaßten Meßdaten 100, die aktuelle ermittelten Kenngrößen 120 sowie die aktuelle mittlere Größe G des radialen Spalts 10, die aktuelle Verschiebung V des Stators 8 relativ zur Welle 12 des Rotors 6, die aktuelle Verformung O des Stators 8 und weitere ermittelte oder erfaßte Daten des Meßzyklus werden dem Spei-

chermodul 130 zugeführt, wo diese Größen zu Dokumentationszwecken gespeichert werden. Dabei wird auch der Zeitpunkt erfaßt, an dem die Daten erfaßt oder bestimmt worden sind. Mittels des Speichermoduls 130 wird das Ergebnis der Bewertung oder Ersatzbewertung sowie der zeitliche Verlauf der Randgrößen 50, der Einflußgrößen 80, der Meßdaten 100 sowie der Kenngrößen 120 in Protokollform aufbereitet, so daß Trendanalysen und graphische Darstellungen der erfaßten und bewerteten Größen möglich sind.

Nach erfolgter Bewertung oder Ersatzbewertung der erfaßten und ermittelten Größen wird zu einem Zeitpunkt  $t = T$  der Meßzyklus abgebrochen und von neuem begonnen. Dies ist in diesem Ausführungsbeispiel nach 30 Minuten der Fall. Die regelmäßige Durchführung des Meßzyklus alle 30 Minuten während des Betriebs des Generators 2 gewährleistet besonders zuverlässig eine Analyse der Form des radialen Spalts 10 zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 sowie des Abstands zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8, wobei insbesondere der minimalste Abstand zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 überprüft wird.

Mit der Vorrichtung 128 zur Überwachung des radialen Spalts 10 zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 des elektrischen Generators 2 sind also beim Betrieb des Generators 2 die Form des radialen Spalts 10 zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 analysierbar und der kleinste Abstand zwischen dem Rotor 6 und dem Stator 8 überwachbar. Hierzu werden aus aktuellen Randgrößen 50 des Generators 2, aus aktuellen Einflußgrößen 80 des Generators 2 und aus aktuellen Meßdaten 100 des radialen Spalts 10 die mittlere Größe  $G$  des radialen Spalts 10, die aktuelle Verschiebung  $V$  des Stators 8 relativ zur Welle 12 des Rotors 6 und die aktuelle Verformung  $V$  des Stators 10 bestimmt, sofern ein erster Zustand der thermischen Beharrung oder ein zweiter stationärer aber nicht ausgeglichener Betriebszustand des Generators 2 vorliegt. Hierdurch können den Betrieb des Generators 2 behindernde Veränderungen des Generators 2 frühzeitig erkannt und behoben werden. Dadurch ist ein störungsfreier Betrieb des Generators 2 besonders zuverlässig gewährleistet.

#### Patentansprüche

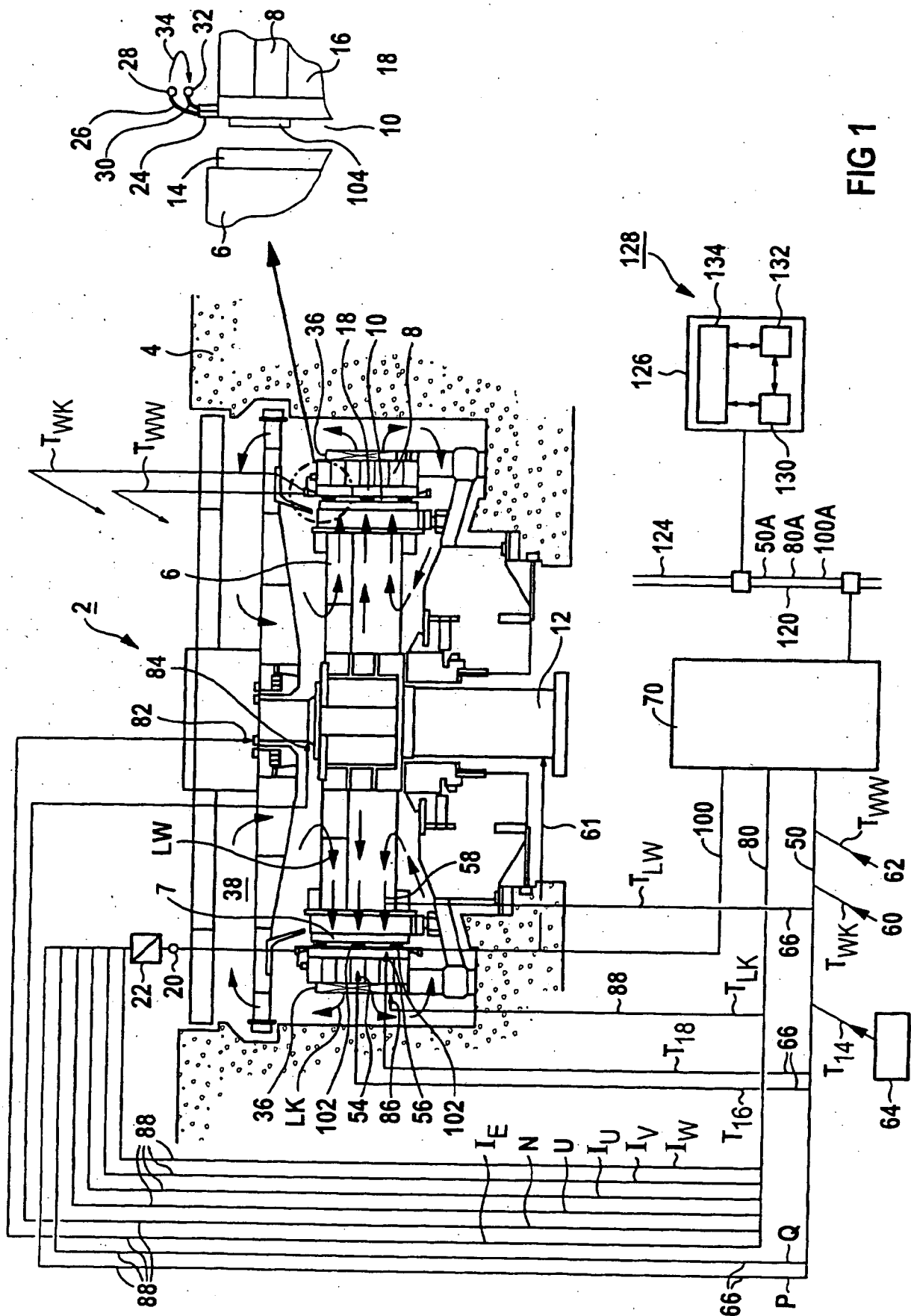
1. Verfahren zur Überwachung des radialen Spalts (10) zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (8) eines elektrischen Generators (2), bei dem bei einem stationären und ausgeglichenen Betriebszustand des Generators (2) in festen Zeitabständen ein Meßzyklus durchgeführt wird, wobei bei dem Meßzyklus
  - aktuelle Einflußgrößen (80) des Generators (2) erfaßt werden,
  - aktuelle Meßdaten (100) des radialen Spalts (10) und aktuelle Randgrößen (50) des Generators (2) erfaßt werden,
  - aus den aktuellen Randgrößen (50) des Generators (2), aus den aktuellen Einflußgrößen (80) des Generators (2) und aus den aktuellen Meßdaten (100) des radialen Spalts (10) aktuelle Kenngrößen (120) des radialen Spalts (10) ermittelt werden, und
  - mittels eines Vergleichs der aktuellen Kenngrößen (120) des radialen Spalts (10) mit Referenzwerten aus einer Anzahl von Basismessungen eine Bestimmung und Bewertung der Form des radialen Spalts (10) und des Abstands zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (8) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Verschiebung ( $V$ ) des Stators (8) relativ zur Welle (12) des Rotors (6) ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Verformung ( $O$ ) des Stators (8) ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem als Randgrößen (50) des Generators (2) Temperaturwerte ( $T_{16}$ ,  $T_{18}$ ,  $T_{LW}$ ,  $T_{WK}$ ,  $T_{WW}$ ) an verschiedenen Orten des Stators (8), der Temperaturwert ( $T_{14}$ ) der Wicklung (14) des Rotors (6), die Wirkleistung ( $P$ ) und die Blindleistung ( $Q$ ) des Generators (2) ermittelt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem als Temperaturwerte ( $T_{16}$ ,  $T_{18}$ ,  $T_{LW}$ ,  $T_{WK}$ ,  $T_{WW}$ ) an verschiedenen Orten des Stators (8) der Temperaturwert ( $T_{16}$ ) am Blechpaket (16) des Stators (8), der Temperaturwert ( $T_{18}$ ) an der Wicklung (18) des Stators (8), der Temperaturwert ( $T_{LW}$ ) der vom Stator (8) abströmenden warmen Kühlluft ( $L$ ), der Temperaturwert ( $T_{WK}$ ) des kalten Kühlwassers ( $W$ ) vor dem Eintritt in die Wicklung (18) des Stators (8) und der Temperaturwert ( $T_{WW}$ ) des warmen Kühlwassers ( $W$ ) nach dem Austritt aus der Wicklung (18) des Stators (8) ermittelt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem als aktuelle Einflußgrößen (80) des Generators (2) der Strom ( $I$ ) und die Spannung ( $U$ ) des Stators (8), der Erregerstrom ( $I_E$ ) und die Drehzahl ( $N$ ) des Rotors (6) und die Temperatur ( $T_{LK}$ ) der dem Stator (8) zuströmenden kalten Kühlluft ( $L$ ) erfaßt werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die aktuellen Meßdaten (100) des radialen Spalts (10) in einer Meßebeine (102) bestimmt werden, die senkrecht zur Welle (12) des Rotors (6) steht.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem jeder Meßzyklus dokumentiert wird.
9. Vorrichtung (128) zur Überwachung des radialen Spalts (10) zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (8) eines elektrischen Generators (2), bei der eine Anzahl von Sensoren (52) zur Erfassung von aktuellen Randgrößen (50) des Generators (2), aktuellen Einflußgrößen (80) des Generators (2) und aktuellen Meßdaten (100) des radialen Spalts (10) vorgesehen sind, bei der die Sensoren (52) datentechnisch mit einem zur Erstellung von aktuellen Kenngrößen (120) aus den aktuellen Randgrößen (50) des Generators (2), den aktuellen Einflußgrößen (80) des Generators (2) und den aktuellen Meßdaten (100) des radialen Spalts (10) vorgesehenen Aufbereitungsmodul (70) verbunden sind, wobei das Aufbereitungsmodul (70) datentechnisch an ein Analysemodul (126) angeschlossen ist, wobei über das Analysemodul (126) ein Meßzyklus zur Analyse der Form des radialen Spalts (10) und zur Überwachung des Abstands zwischen dem Rotor (6) und dem Stator (8) steuerbar ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der das Analysemodul (126) ein Speichermodul (130) umfaßt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -





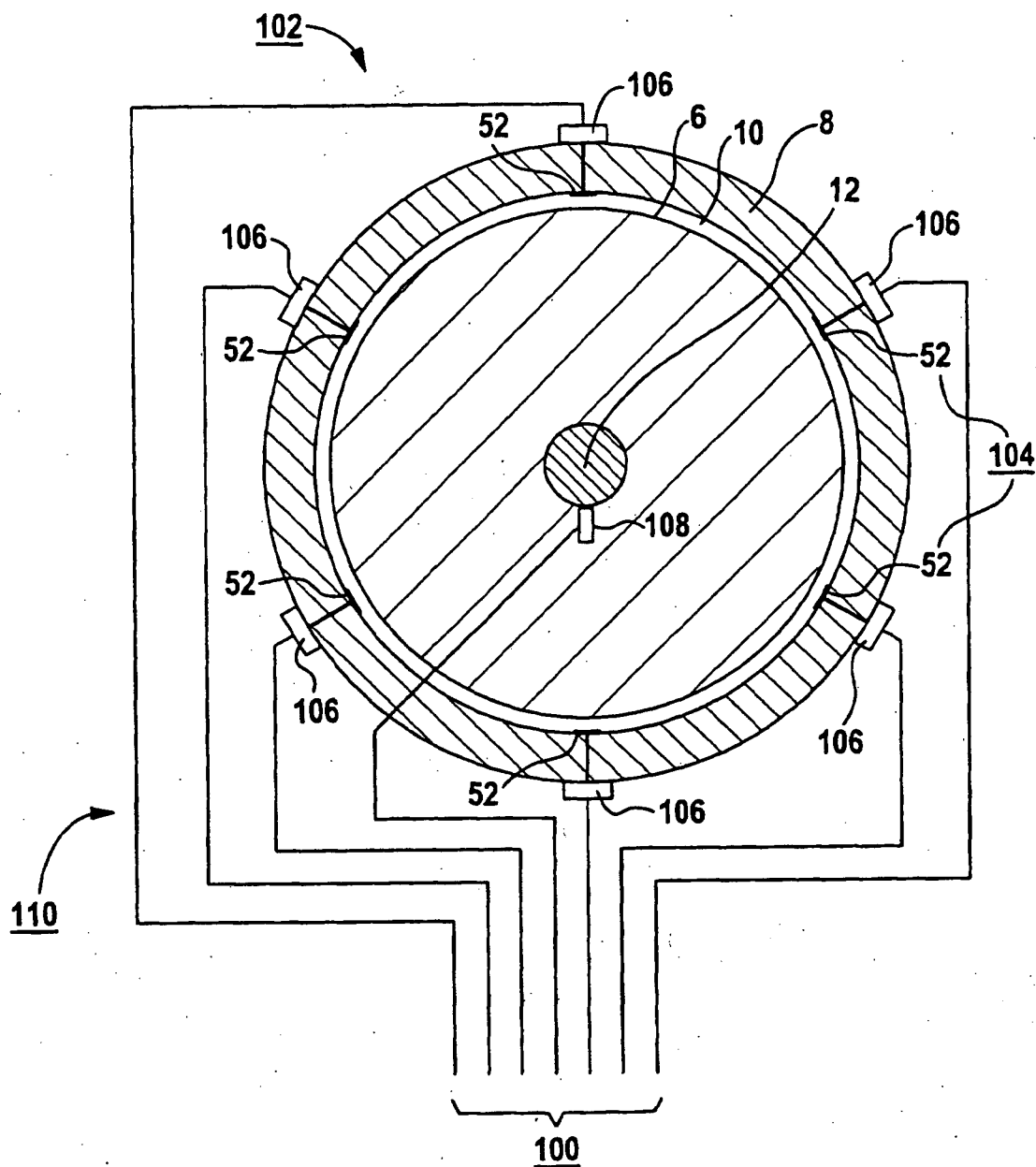


FIG 2